



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 43 21 322 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 N 27/12  
G 01 R 27/02  
D 06 B 23/26

⑳ Aktenzeichen: P 43 21 322.7  
㉔ Anmeldetag: 26. 6. 93  
㉕ Offenlegungstag: 5. 1. 94

DE 43 21 322 A 1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1  
01.07.92 DE 42 21 547.1

⑦1 Anmelder:  
Pleva GmbH, 72186 Empfingen, DE

⑦4 Vertreter:  
Jackisch, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.; Kerkhof, M.,  
Rechtsanw.; Wasmuth, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.,  
70192 Stuttgart

⑦2 Erfinder:  
Löbel, Wilfried, Dipl.-Phys., O-9001 Chemnitz, DE;  
Pleva, Ralf, Dr.-Ing., 7290 Freudenstadt, DE; Martin,  
Rainer, Dipl.-Ing., O-9051 Chemnitz, DE; Felber, Gert,  
O-9044 Chemnitz, DE

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen Messung des Restfeuchtegehaltes von flächenförmigen Materialien, insbesondere von bewegten Materialbahnen

⑤7 Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen Messung des Restfeuchtegehaltes von flächenförmigen Materialien, insbesondere von bewegten Warenbahnen.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur berührungslosen Messung des Restfeuchtegehaltes von bewegten Flächenbahnen aus quellfähigem Material wie Textilien aus oder mit Mischungsanteilen aus Regenerat- oder Naturfaserstoff, Papier, Fotofilm oder dergleichen. Der Restfeuchtegehalt wird auf der Basis der Messung des elektrischen Widerstands ermittelt.

Um eine berührungslose, konduktometrische Feuchtemessung ohne störenden Einfluß der elektrostatischen Aufladung zu erzielen, ist vorgesehen, im elektrischen Feldbereich einer hochspannungsführenden, vorzugsweise linienförmig ausgebildeten und in Warenlaufrichtung angeordneten Elektrode in der zu messenden Flächenbahn ein Ladungssignal zu influenzieren, dessen Höhe und zeitliches Verhalten mittels in Warenlaufrichtung nacheinander ebenfalls über der Bahn angeordneten Ladungsmeßsonden und einer seitlich von diesen angeordneten Ladungsmeßsonde erfaßt werden, um daraus nach den Gesetzen des Ladungsaufbaus im Feld und der nachfolgenden Entladung den elektrischen Widerstand und damit die Restfeuchte zu ermitteln. Messung an Warenbahnen.

DE 43 21 322 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNESDRUCKEREI 11. 93 308 061/842

5/48

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur berührungslosen Bestimmung des Restfeuchtegehaltes von flächenförmigen Materialien aus quellfähigem Material, wie Textilien aus oder mit Mischungsanteilen von Regeneratfaserstoff und Naturfasern, Papier und Fotofilm insbesondere zur Kontrolle des Trocknungsprozesses von Bahntrocknern.

Es ist bekannt, daß Restfeuchte von Textilien, Papier und Fotofilm konduktometrisch gemessen werden kann, wobei der logarithmische Zusammenhang zwischen dem elektrischen Widerstand und dem Restfeuchtegehalt genutzt wird. Bei Flächegebilden ist dieser Zusammenhang weitestgehend unabhängig von der Flächenmasse. Als Meßelektroden dienen Kontaktflächen aus leitfähigem Material, bei Flächenbahnen Walzen oder Rollen, wobei der elektrische Widerstand entweder zwischen zwei benachbarten, gegeneinander isolierten Walzen oder einer Führungswalze der Bahn und einer auf der Walze aufliegenden, als Meßelektrode dienenden Walze gemessen wird. Diese Meßtechnik ermöglicht eine Aussage über den prozentualen Feuchtegehalt, und zwar auch dann, wenn es sich um Mischsysteme mit einem bestimmten Anteil an synthetischem Material handelt. Dieses Meßprinzip erfordert im Interesse der Realisierung eines breiten Meßbereiches eine Logarithmierung des Meßsignales wie im Patent AS 1 209 777 beschrieben. Um ein unzulässiges Anwachsen des Meßstromes zu vermeiden, wird nach dem US-Patent 3 434 050 eine Schaltung zur Anpassung des Meßstromes an die Größe des zu bestimmenden Widerstandes vorgeschlagen.

Ein wesentliches Problem bei der konduktometrischen Feuchtebestimmung besteht jedoch darin, daß elektrostatische Aufladungen der Warenbahn die Messung erheblich stören können, indem die an den Rollen getrennte Ladung einen in den Meßkreis fließenden Strom verursacht, der insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten und im Bereich geringer Restfeuchte den Meßstrom um Größenordnungen übersteigen kann. Dieser Umstand hat zur Folge, daß Widerstandswerte bereits oberhalb von  $10^9$  Ohm in bestimmten Fällen nicht mehr zuverlässig gemessen werden können. Dies entspricht Restfeuchtwerten im Bereich der Gleichgewichtsfeuchte bei normalen Klimazuständen von z. B. 50% relative Luftfeuchte (z. B. 6% für Baumwolle und 10% für Wolle).

Durch Erhöhung der Meßspannung z. B. auf 1000 V und/oder elektronische Kompensation des Ladungsstromes wie im Patent WP 160 822 beschrieben, gelingt es, die Grenze des Meßbereiches zu erhöhen. Dennoch reicht dies in vielen Fällen nicht aus, insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten ( $> 50$  m/min), bei der Kontrolle von Wollstoffen, die aufgrund ihres naturbedingten hohen Widerstandes generell zu hoher Aufladung neigen, und dann, wenn aus speziellen technologischen Gründen stark ausgetrocknetes Material bei geringem Restfeuchtegehalt gemessen werden soll.

Weiterhin ist als Nachteil anzuführen, daß bei empfindlichen Materialien die aufliegenden Walzenelektroden eine nicht tolerierbare Längsstreifigkeit verursachen können.

Die direkte Nutzung der elektrostatischen Aufladung zur Feuchtekontrolle wird im WP 97 751 vorgeschlagen. Dieses Verfahren ermöglicht aber keine quantitative Aussage über den Feuchtegehalt, sondern läßt nur erkennen, ob die Ware noch feucht oder schon trocken ist,

da kein eindeutiger funktioneller Zusammenhang zwischen Aufladung und Feuchtegehalt existiert.

Nach einem weiteren im WP 237 706 vorgeschlagenen Verfahren zur Kontrolle des Trocknungsprozesses in Spann-Trocken-Fixier-Maschinen werden in der Maschine Elektroden zur Initiierung einer elektrostatischen Aufladung der Ware montiert, um mittels nachfolgend angeordneter Sonden zu erkennen, in welchem Bereich innerhalb des Trockners der Übergang vom feuchten in den trockenen Zustand erfolgt. Dieses Verfahren ermöglicht ebenfalls nicht die quantitative Bestimmung der Restfeuchte.

Weitere Verfahren der Feuchtemessung, wie die Mikrowellenabsorption (AS 12 31 464), die Beta-Strahlenabsorption und Infrarotreflexion (OS 23 53 772) sind technisch sehr aufwendig, im Restfeuchtebereich unempfindlich und erfordern material- und strukturabhängige Eichkurven.

Ziel der Erfindung ist es, durch ein berührungslos funktionierendes Verfahren zur konduktometrischen Feuchtemessung den störenden Einfluß der elektrostatischen Aufladung und die durch den Elektrodenkontakt mit der Ware bedingten Nachteile zu eliminieren und dadurch die Zuverlässigkeit des Verfahrens zu erhöhen und den Meßbereich zu erweitern.

Das Ziel der Erfindung wird dadurch erreicht, daß durch das elektrische Feld einer über der zu messenden Flächenbahn angeordneten und mit hoher Gleichspannung von z. B. 10 kV beaufschlagten linienförmigen Elektrode 1 lokal im Flächegebilde eine Ladungsspur influenziert wird, deren Höhe und Profil durch nachfolgend angeordnete Ladungsmeßsonden 3, 4 und 5 erfaßt werden, und daß daraus nach den bekannten Gesetzen des Ladungsaufbaues im Feld und der nachfolgenden Entladung der elektrische Widerstand und damit die Restfeuchte ermittelt wird. Zur Verstärkung des elektrischen Feldes in der Ebene der Warenbahn sind seitlich der Elektrode 1 geerdete Metallflächen 2 angeordnet.

Der von der Geometrie der Anordnung, von der Wangengeschwindigkeit  $v$  und dem elektrischen Flächenwiderstand  $\rho_s$  der Bahn abhängige Aufbau der Ladungsspur der Dichte  $\sigma$  erfolgt annähernd nach dem Gesetz der Kondensatoraufladung

$$\sigma = \sigma_s (1 - e^{-k_1 L \rho_s v}) \quad (1)$$

wobei  $\sigma_s$  die Sättigungsladungsdichte und  $L$  die Länge der Elektrode in Warenlaufrichtung sind;  $k_1$  ist eine geometrieabhängige Konstante.

Nach Verlassen des Feldes der Hochspannungselektrode kann diese linienförmige Ladungsansammlung nach der Seite hin wieder breitfließen. Dieser Entladevorgang vollzieht sich in der Mitte der Ladungsspur nach der Funktion

$$\sigma = \sigma_0 \frac{2}{\pi} \int_0^x e^{-x^2} dx \quad (2)$$

mit  $x = k_2 \sqrt{\rho_s v/y}$ . Dabei sind  $\sigma_0$  die während des Aufenthaltes im Feldbereich der Elektrode beeinflusste Ladungsdichte,  $y$  die nach dem Verlassen des Feldbereiches zurückgelegte Wegstrecke und  $k_2$  eine geometrieabhängige Konstante.

Aus den Formeln ist ersichtlich, daß durch die Messung des Ladungssignals  $a$  mittels zweier Sonden 3 und 4, die nacheinander in Warenlaufrichtung in der durch die Achse der Elektrode 1 bestimmten Linie angeordnet

sind, der elektrische Flächenwiderstand  $\rho_s$  als Maß für den Feuchtegehalt der Ware eindeutig bestimmt werden kann. Die seitlich angeordnete Sonde 5 ermöglicht die Kontrolle des Ladungsprofils über die Breite hin und liefert damit eine zusätzliche, das Meßergebnis präzisierende Information.

Diesem erfindungsgemäßen Meßprinzip liegt der Sachverhalt zugrunde, daß die erforderliche Zeitdauer zur Influenzierung eines meßbaren Ladungssignals in einem elektrischen Hochspannungsfeld um mehrere Größenordnungen kleiner ist als die Zeit, in der dieses Signal durch nachfolgende Entladung wieder verschwindet. Dies ermöglicht, daß dieses Signal nach dessen Entstehung durch nachgeordnete Sonden über einen Widerstandsbereich der Ware von 4 bis 5 Größenordnungen noch erfaßbar ist.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wird die Elektrode 1 anstelle mit Gleichspannung mit Hochspannungsimpulsen oder einer hohen Wechselspannung beaufschlagt, wodurch nachfolgend durch die Bewegung der Warenbahn von den Sonden zeitlich intermittierende Potentialimpulse oder eine Wechselspannung signalisiert werden, deren Amplitude ausgewertet wird ohne daß sich eine zusätzliche Modulierung erforderlich macht.

Die Hochspannungsimpulse können erfindungsgemäß mittels eines piezoelektrischen Elementes mechanisch oder elektro-mechanisch erzeugt werden.

Um die Abstandsabhängigkeit der gemessenen Signale zu reduzieren, werden nach einem weiteren Merkmal der Erfindung zu beiden Seiten symmetrisch zur Warenbahn je eine hochspannungsführende Elektrode und Ladungsmeßsonden angeordnet, deren Meßsignale addiert werden.

Bei Anwendung des Verfahrens mit hoher Gleichspannung erfolgt die Messung des lokalen Ladungszustandes der Ware erfindungsgemäß mittels Sonden, die in einer Ebene parallel über der Warenbahn angeordnet sind. Zur Modulation des von den Sonden empfangenen Ladungssignals rotiert über diesen zur Warenbahn hin eine geerdete, leitfähige Loch-, Schlitz- oder Flügelscheibe, die die Sonden periodisch abdeckt und wieder freigibt.

Um Störungen zu vermeiden, die durch reibungselektrisch bedingte Aufladungen der Warenbahn entstehen, wird nach einem weiteren Merkmal der Erfindung vor der Hochspannungselektrode ein nach bekanntem Prinzip funktionierender Stabionisator 6 montiert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden näher beschrieben.

An den beiden stabförmigen, zu beiden Seiten der Warenbahn in einem Abstand von je 30 mm über dieser angeordneten Elektroden 1 mit einem Durchmesser von 10 mm und der Länge  $L = 300$  mm liegt eine Gleichspannung von +10 kV. Seitlich von diesen Elektroden befinden sich im lichten Abstand von  $d = 60$  mm je zwei geerdete Metallflächen 2, die zur Verstärkung des Feldes in der Ebene der Warenbahn dienen. Die Baumwoll-Warenbahn, deren Flächenwiderstand beispielsweise bei einer Restfeuchte von 2% und einer aktuellen Temperatur von 50°C etwa  $2 \cdot 10^{13}$  Ohm beträgt, bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 60 in/min. Zu beiden Seiten der Bahn im senkrechten Abstand von 30 mm von dieser befinden sich jeweils in einer Ebene liegend die Sondenpaare 3 bzw. 4, deren Abstand in Warenlaufrichtung von der Elektrode 1  $b = 200$  mm und deren gegenseitiger Abstand ebenfalls in Warenlaufrichtung  $c = 200$  mm beträgt, und das Sondenpaar 5, das in Höhe

des Sondenpaares 3 liegt aber um 60 mm seitlich versetzt ist. Der Durchmesser der Sondenflächen beträgt 30 mm.

Um die in den Sonden influenzierten Ladungssignale zu modulieren, rotiert unmittelbar über den Sonden zur Warenbahn hin jeweils eine leitfähige, geerdete Lochscheibe, die die Sondenflächen mit einer Frequenz von 200 Hz periodisch abdeckt und wieder freigibt.

In dem unter der Hochspannungselektrode sich bewegenden linienförmigen Flächenbereich der Warenbahn baut sich unter dem Einfluß der Hochspannung eine Ladungsspur auf, deren Dichte nach Verlassen des Feldes der Elektrode  $3,6 \text{ pC/cm}^2$  beträgt. Diese Ladung wird von den Sondenpaaren 3 bzw. 4 signalisiert, da diese sich aufgrund des hohen Widerstandes bis zum Erreichen der Sonden nicht spürbar verändert hat. Die Sonde 5 erhält in diesem Falle kein nennenswertes Signal, da die Ladungsspur auf der durch die Elektrode 1 gegebenen Linie konzentriert ist.

Beträgt nun in einem anderen Falle der Flächenwiderstand der Ware nur 1010 Ohm, einer Restfeuchte von 5,5% bei der aktuellen Temperatur von 50°C entsprechend, so liegt die Ladungsdichte der Spur nach Verlassen des Feldes bei  $110 \text{ pC/cm}^2$ . Diese reduziert sich bis zum Erreichen der Sonde 3 auf  $10,2 \text{ pC/cm}^2$  und in Höhe der Sonde 4 auf  $7,3 \text{ pC/cm}^2$ . Bedingt durch das Breitfließen der Ladung signalisiert in diesem Falle die Sonde 5 eine Ladungsdichte von  $9,9 \text{ pC/cm}^2$ .

In einem dritten beispielhaft angenommenen Fall betrage bei ebenfalls 50°C die Warenbahnfeuchte 3,7%, was einem Widerstand von  $3 \cdot 10^{11}$  Ohm entspricht. Die Ladungsdichten, die von den Sonden 3, 4 und 5 gemessen werden, betragen dann 45,3; 34,4 und  $22,8 \text{ pC/cm}^2$ .

Auf der Grundlage der für den Ladungsaufbau und die nachfolgende Entladung geltenden bekannten Gesetze kann somit eindeutig aus den drei ermittelten Meßwerten der elektrische Widerstand und damit die Restfeuchte der Warenbahn errechnet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur berührungslosen Messung des Restfeuchtegehaltes von bewegten Flächenbahnen aus quellfähigem Material, wie Textilien aus oder mit Mischungsanteilen aus Regenerat- oder Naturfaserstoffen, Papier und Fotofilm auf der Basis der Messung des elektrischen Widerstandes **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bereich des elektrischen Feldes einer hochspannungsführenden, vorzugsweise linienförmig ausgebildeten und über der Flächenbahn parallel zur Warenlaufrichtung angeordneten Elektrode (1), die sich zwischen zwei seitlich davon angeordneten geerdeten Metallflächen (2) befindet, ein Ladungssignal influenziert wird, dessen Höhe und zeitliches Verhalten mittels in Warenlaufrichtung nacheinander ebenfalls über der Bahn angeordneten Ladungsmeßsonden (3) und (4) und einer seitlich von diesen angeordneten Ladungsmeßsonde (5) erfaßt werden, und daß daraus nach den Gesetzen des Ladungsaufbaus im Feld und der nachfolgenden Entladung der elektrische Widerstand und damit die Restfeuchte ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elektrode (1) mit Hochspannungsimpulsen oder hoher Wechselspannung beaufschlagt wird, und daß die dadurch in der Warenbahn influenzierte lokale Ladungsansammlung

nachfolgend von Sonden elektronisch erfaßt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochspannungsimpulse durch mechanische oder elektromechanische Belastung eines piezoelektrischen Elementes initiiert werden. 5

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß symmetrisch zu beiden Seiten der Materialbahn je eine Hochspannungselektrode und Ladungsmeßsonden angeordnet sind, und daß die Signale der jeweils gegenüberliegenden Sonden 10 addiert werden.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 zur Ermittlung des Profils und der zeitlichen Veränderung der von der mit hoher Gleichspannung beaufschlagten Elektrode (1) in 15 der Warenbahn lokal influenzierten linienförmigen Ladungsspur dadurch gekennzeichnet, daß die Flächen der Ladungsmeßsonden (3, 4) und (5) in einer Ebene parallel zur Warenbahn liegen und daß vor diesen Sonden zur Warenbahn hin eine geerdete, 20 leitfähige Loch-, Schlitz- oder Flügelscheibe rotiert, so daß die von den Sonden empfangenen Ladungssignale moduliert werden.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß 25 zur Vermeidung von Störungen durch triboelektrisch entstandene Aufladung der Warenbahn bezogen auf die Warenlaufrichtung vor der Hochspannungselektrode (1) ein Ionisator (6) zur Beseitigung dieser Ladung angeordnet ist. 30

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

